

**Risco de Contaminação das Águas
Superficiais e Subterrâneas por Agrotóxicos
em Cultivos de Cebola no Entorno do
Lago de Sobradinho, Estado da Bahia**



**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Semiárido
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

**BOLETIM DE PESQUISA
E DESENVOLVIMENTO
137**

**Risco de Contaminação das Águas
Superficiais e Subterrâneas por Agrotóxicos
em Cultivos de Cebola no Entorno do
Lago de Sobradinho, Estado da Bahia**

*Paula Tereza de Souza e Silva
Lucivânia Rangel de Araújo Medeiros
Tony Jarbas Ferreira Cunha
Nivaldo Duarte Costa
Alessandra Monteiro Salviano*

Embrapa Semiárido
Petrolina, PE
2019

Esta publicação está disponibilizada no endereço:
<http://www.embrapa.br/fale-conosco/sac>
Exemplares da mesma podem ser adquiridos na:

Embrapa Semiárido
BR 428, km 152, Zona Rural
Caixa Postal 23
CEP 56302-970, Petrolina, PE
Fone: (87) 3866-3600
Fax: (87) 3866-3815

Comitê Local de Publicações

Presidente
Flávio de França Souza

Secretária-Executiva
Juliana Martins Ribeiro

Membros
Ana Cecília Poloni Rybka, Bárbara França Dantas, Diogo Denardi Porto, Elder Manoel de Moura Rocha, Geraldo Milanez de Resende, Gislene Feitosa Brito Gama, José Maria Pinto, Pedro Martins Ribeiro Júnior, Rita Mércia Estigarribia Borges, Sidinei Anunciação Silva, Tadeu Vinhas Voltolini.

Supervisão editorial
Sidinei Anunciação Silva

Revisão de texto
Sidinei Anunciação Silva

Normalização bibliográfica
Sidinei Anunciação Silva

Tratamento das ilustrações
Nivaldo Torres dos Santos

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica
Nivaldo Torres dos Santos

1ª edição: 2019

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa Semiárido

Risco de contaminação das águas superficiais e subterrâneas por agrotóxicos em cultivos de cebola no entorno do Lago de Sobradinho, estado da Bahia / Paula Tereza de Souza e Silva... [et al.]. -- Petrolina, PE: Embrapa Semiárido, 2019.

26 p. (Embrapa Semiárido. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 137).

1. Recursos hídricos. 2. Contaminação ambiental. 3. Resíduo químico. 4. Lago artificial. 5. Hortaliça de bulbo. 6. Cebola. 7. *Allium cepa*. I. Silva, Paula Tereza de Souza e. II. Medeiros, Lucivânia Rangel de Araújo. III. Cunha, Tony Jarbas Ferreira. IV. Costa, Nivaldo Duarte. V. Salviano, Alessandra Monteiro. VI. Título. VII. Série.

CDD 577.279

© Embrapa, 2019

Sumário

Resumo	6
Abstract	7
Introdução.....	8
Material e Métodos	10
Resultados e Discussão	14
Conclusões	23
Agradecimentos	23
Referências	23

Risco de Contaminação das Águas Superficiais e Subterrâneas por Agrotóxicos em Cultivos de Cebola no Entorno do Lago de Sobradinho, Estado da Bahia

Paula Tereza de Souza e Silva¹

Lucivânia Rangel de Araújo Medeiros²

Tony Jarbas Ferreira Cunha³

Nivaldo Duarte Costa⁴

Alessandra Monteiro Salviano⁵

Resumo – Com este trabalho, avaliou-se o risco de contaminação de águas superficiais e subterrâneas pelo uso de agrotóxicos aplicados em plantios de cebola dos municípios de Casa Nova e Sento Sé, Bahia. Foram empregados o método de GOSS, para a avaliação das águas superficiais, e o índice GUS, para águas subterrâneas. Verificou-se o uso de 34 princípios ativos no cultivo de cebola nesses municípios. Destes, 62,9% foram classificados de extremamente a altamente tóxicos e mais de 70% classificados como muito perigosos para o meio ambiente. Dos agrotóxicos empregados, cerca de 80% apresentam de médio a alto potencial de contaminação, quando dissolvido em água. Quanto à água subterrânea, a maioria dos compostos apresenta baixa suscetibilidade à lixiviação, ficando retidos ao solo. Ainda assim, não se pode desconsiderar o risco associado, já que os solos da região são, predominantemente, arenosos, com baixos teores de argila e de matéria orgânica e, conseqüentemente, baixa CTC. Esses fatores, associados ao uso de irrigação por sulco e o cultivo em áreas de vazante do lago elevam a suscetibilidade dos recursos hídricos da região à contaminação com esses compostos. Esses resultados podem auxiliar na proposição de estratégias para reduzir o uso desses compostos, bem como o estabelecimento de um monitoramento dos agrotóxicos com maior risco de contaminação dos recursos hídricos nessa região.

Termos para indexação: pesticida, índice GUS, método de GOSS.

¹Química, D.Sc. em Química, pesquisadora da Embrapa Semiárido, Petrolina, PE.

²Engenheira Ambiental, M.Sc. em Civil e Ambiental, Professora do Instituto de Educação Superior da Paraíba, João Pessoa, PB.

³Engenheiro-agrônomo, D.Sc. em Ciência do Solo, pesquisador da Embrapa Semiárido, Petrolina, PE.

⁴Engenheiro-agrônomo, M.Sc. em Fitotecnia, pesquisador da Embrapa Semiárido, Petrolina, PE.

⁵Engenheira-agrônoma, D.Sc. em Solos e Nutrição de Plantas, pesquisadora da Embrapa Semiárido, Petrolina, PE.

Risk of Contamination of Surface and Groundwater by Agrochemicals in Onion Crops in Surrounding Sobradinho Lake, State of Bahia

Abstract - This work evaluated the risk contamination of surface and groundwater by the use of pesticides applied to the onion crop of the communities of Casa Nova and Sento Sé, BA. The GOSS method for surface water assessment and the GUS Index for groundwater were used. It was verified the use of 34 active principles in the onion crop, in these municipalities. 62.9% are classified as extremely or highly toxic, and more than 70% are classified as very dangerous for the environment. Of these compounds, about 80% have a medium to high contamination potential when dissolved in water. In relation to groundwater, most of the compounds present low susceptibility to leaching, being retained in the soil. Nevertheless, the associated risk can't be disregarded, since most of the soils of the region are predominantly of sandy texture with low levels of clay, organic matter and, consequently, low CTC. These factors, associated to the water management used (furrow irrigation) and the practice of using effluent areas, increase the susceptibility of the region's water resources to contamination with these compounds. These results may help in the proposal of a plan to reduce consumption, as well as in the implementation of a monitoring plan for pesticides with a higher risk of contamination of water resources in this region.

Index terms: pesticides, GUS index, method of GOSS.

Introdução

No Brasil, a produção de cebola (*Allium cepa* L.) é concentrada principalmente nos estados de Santa Catarina, Bahia, e Pernambuco, Minas Gerais, São Paulo, Rio Grande do Sul, Goiás e Paraná, proveniente, em sua maioria, da agricultura familiar. Na região Nordeste, o Vale do São Francisco se destaca na produção dessa olerácea, contribuindo com cerca de 18,5% da produção nacional (IBGE, 2015). Os municípios baianos de Casa Nova e Sento Sé, localizados às margens do Lago de Sobradinho, são os maiores produtores da região ficando, respectivamente, em terceiro e quarto lugar no ranking nacional. Atualmente, o município de Irecê, BA está em primeiro lugar na produção nacional da Região Nordeste.

Os produtores desses municípios cultivam a cebola nas margens do lago utilizando principalmente o sistema de irrigação por sulcos. No entanto, esse sistema tem sido substituído pelo de gotejamento, pois o sulco favorece a intensificação de práticas fitossanitárias, exigindo a aplicação mais frequente de agrotóxicos, além de acarretar em uma baixa eficiência de uso da água e contribuir para o processo erosivo do solo (Colleti, 2004). Além disso, o uso de irrigação por sulco favorece a lixiviação e o carreamento dos fertilizantes e agrotóxicos devido à entrada excessiva de água, principalmente quando a irrigação ocorre após a aplicação desses agroquímicos (Colleti, 2004). Segundo este autor, esses efeitos podem ser mais intensificados em solos de textura mais arenosa, como ocorre nas áreas onde este estudo foi realizado.

Dependendo de suas características, os agrotóxicos podem permanecer em diferentes compartimentos ambientais, como no ar, solo e em águas superficiais e subterrâneas. Por meio das suas propriedades físico-químicas, pode-se estimar seu comportamento no meio ambiente, desde a aplicação até o destino final (Cabrera et al., 2008).

Alguns modelos são utilizados para avaliar o potencial dos agrotóxicos em águas. Para as subterrâneas pode ser utilizado o índice de vulnerabilidade de águas subterrâneas — Groundwater Ubiquity Score (GUS) — (Gustafson, 1989) e para as superficiais aplica-se o método de GOSS (Goss, 1992). Esses métodos baseiam-se em propriedades físico-químicas dos princípios ativos, como solubilidade em água (S_w), coeficiente de adsorção à matéria orgânica do solo (K_{oc}), a constante da Lei de Henry (K_H), pressão de vapor (P_v), produto da constante de dissociação ácida do composto (pKa), e o tempo de meia-vida no solo ($DT_{50 \text{ solo}}$) e na água ($DT_{50 \text{ água}}$) (Papa et al., 2004).

Em áreas agrícolas, a principal preocupação é com os recursos hídricos, particularmente no Semiárido nordestino, por causa do déficit hídrico dessa região (Insa, 2014). Algumas pesquisas foram desenvolvidas utilizando-se esses métodos e foi observado o potencial de contaminação de recursos hídricos por agrotóxicos (Sanches et al., 2003; Lourencetti et al., 2005; Primel et al., 2005; Milhome et al., 2009; Andrade et al., 2011; Britto et al., 2012) em diversas regiões do Brasil. Segundo Spadotto et al. (2001), esses modelos de avaliação de risco de contaminação por agrotóxico em águas subterrâneas e superficiais são de utilização simples e eficientes.

Os resultados gerados por modelos de avaliação de risco de contaminação, de maneira geral, são importantes e podem ser utilizados em políticas agrícolas, por meio de medidas que visem à redução do uso de agrotóxicos que pertençam a classes toxicológicas mais prejudiciais ao ser humano e ao ambiente. Além disso, as informações podem ser utilizadas em cursos de conscientização ambiental e na elaboração de estudos de monitoramento da qualidade das águas que se encontram nas proximidades das áreas cultivadas com cebola, por exemplo. Estudos sinalizam que conscientizar os agricultores para a utilização de práticas de manejo mais conservacionistas pode reduzir os riscos de contaminação de recursos hídricos. Entre essas práticas podem-se citar: terraceamentos, curvas de nível, plantio direto e rotação de culturas. Todas essas medidas reduzem a compactação e a erosão e, conseqüentemente, o escoamento superficial que pode carregar pesticidas adsorvidos às partículas de solo (Colleti, 2004). Além disso, algumas dessas práticas podem aumentar o teor de matéria orgânica do solo e, conseqüentemente, sua capacidade máxima de sorção de elementos e substâncias químicas com potencial contaminante que, normalmente, estão presentes no solo em áreas agrícolas sob cultivo convencional.

Este trabalho teve por objetivo avaliar o potencial de contaminação de águas superficiais e subterrâneas por agrotóxicos aplicados na cultura da cebola, nos municípios baianos de Casa Nova e Sento Sé, na área de entorno do Lago de Sobradinho utilizando o índice GUS e o método de GOSS.

Material e Métodos

O estudo foi realizado em áreas de produção de destaque da cultura de cebola nos municípios de Casa Nova (09°09'43"S; 40°58'15"W) e Sento Sé

(09°44'00"S; 41°51' 00"W), localizados no entorno do Lago de Sobradinho, Sertão do estado da Bahia.

No município de Casa Nova, as áreas com cultivo de cebola estudadas variaram de 2 a 10 ha, cujo tempo de uso com essa cultura variou entre 4 a 20 anos. Em Sento Sé, as áreas variaram de 1 a 12 ha e o tempo de uso entre 3 e 30 anos. Foram visitadas 30 propriedades, sendo 15 em Casa Nova e 15 em Sento Sé. A variedade da cebola plantada na maioria das áreas é a IPA-11, o sistema de irrigação utilizado em 95% das áreas é a inundação e, em 5%, o gotejamento. A maioria dos produtores não recebe assistência técnica, seja de consultores e ou de representantes comerciais.

Nesses municípios os principais solos são os Neossolos Litólicos eutróficos e distróficos que ocorrem associados a afloramentos de rocha. Na área também ocorrem os Latossolos Vermelho-Amarelos e Amarelos eutróficos e distróficos, Argissolos Vermelho-Amarelo eutróficos e Luvisolos, todos derivados de rochas que formam o embasamento geológico, e que podem ou não sofrer influência de cobertura de material retrabalhado do terciário (áreas do cristalino com cobertura pedimentar) (Jacomine et al., 1976). É possível também encontrar outras classes de solos representativos do Semiárido brasileiro como: Planossolos, Neossolos Flúvicos, Neossolos Quartzarênicos, Cambissolos e Vertissolos (Cunha et al., 2008, 2010).

Os solos das áreas foram classificados como Argissolos Amarelo e Vermelho-Amarelo, Neossolos Quartzarênicos, Planossolos, Cambissolos e Latossolos Amarelos.

As informações sobre os agrotóxicos aplicados foram obtidas em visita às comunidades rurais e por meio da aplicação de questionários a agricultores que usam água do lago para irrigação, durante um ciclo de cultivo.

Os dados sobre as características e propriedades físico-químicas dos pesticidas estudados foram obtidos no banco de dados *Purchasing the data base* (PPDB) e no compêndio de defensivos agrícolas (Andrei, 2013). As informações sobre a classificação toxicológica e ambiental dos pesticidas estudados foram consultadas no sistema online Agrofit, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa). A partir desses dados deu-se início às análises dessas propriedades físico-químicas, buscando avaliar o potencial contaminante de cada princípio ativo de agrotóxico utilizado nas áreas de produção.

Para a avaliação do risco de contaminação de águas subterrâneas na região de estudo, utilizou-se o índice *Ground water Ubiquity Score* (GUS) (Gustafson, 1989). Os princípios ativos que se enquadram nos critérios citados acima oferecem maior potencial de risco de transporte. Por isso, possuem uma maior tendência à contaminação principalmente de águas subterrâneas (Cohen et al., 1995).

O Índice GUS é calculado mediante a equação matemática, em que $GUS = \log(DT_{50} \text{ solo}) \times (4 - \log(K_{oc}))^5$, tendo como parâmetros os valores de meia-vida do princípio no solo (DT_{50}) e o coeficiente de adsorção à matéria orgânica (K_{oc}).

Ao determinar o Índice GUS para cada princípio ativo, pode-se classificar o composto de acordo com sua tendência à lixiviação, de acordo com os seguintes intervalos: $GUS < 1,8$: não sofre lixiviação; $1,8 < GUS < 2,8$: faixa de transição; $GUS > 2,8$: provável lixiviação.

O potencial de contaminação das águas superficiais foi avaliado pelo método proposto por Goss (1992). Esse método considera algumas das propriedades físico-químicas dos agrotóxicos: DT_{50} solo (meia-vida no solo); K_{oc} (coeficiente de adsorção à matéria orgânica) e S_w (solubilidade em água).

No modelo de GOSS, os contaminantes são transportados dissolvidos em água ou associado aos sedimentos em suspensão. Os princípios ativos são classificados, conforme esse modelo, em alto, médio e baixo potencial de contaminação (Tabela 1). Caso os princípios ativos não se enquadrem em nenhum dos critérios citados, são considerados de médio potencial de contaminação (Andrade et al., 2011).

Tabela 1. Critérios do método de GOSS para a avaliação do potencial de contaminação de águas superficiais.

Transporte agrotóxico	Alto	Baixo
Dissolvido em água	DT50 no solo > 35 dias	$K_{oc} \geq 100.000 \text{ mL g}^{-1}$
	$K_{oc} < 100.000 \text{ mL g}^{-1}$	$K_{oc} \geq 100.000 \text{ mL g}^{-1}$ e $DT50 \leq 1$
	$S_w \geq 1 \text{ mg L}^{-1}$	$S_w < 0,5 \text{ mg L}^{-1}$ e $DT50 \leq 35$
Adsorvido a sedimentos	DT50 no solo > 40 dias;	DT50 no solo ≤ 1 dia
	$K_{oc} \geq 1000 \text{ mL g}^{-1}$	DT50 no solo ≤ 2 dia
		$K_{oc} \leq 500 \text{ mL g}^{-1}$
		DT50 no solo ≤ 4 dias;
		$K_{oc} \leq 900 \text{ mL g}^{-1}$; $S_w \geq 0,5 \text{ mg L}^{-1}$
	DT50 no solo ≥ 40 dias;	DT50 no solo ≤ 40 dias;
	$\geq 500 \text{ mL g}^{-1}$; $S_w \geq 0,5 \text{ mg L}^{-1}$	$K_{oc} \leq 500 \text{ mL g}^{-1}$; $S_w \geq 0,5 \text{ mg L}^{-1}$
		DT50 no solo ≤ 40 dias;
		$K_{oc} \leq 900 \text{ mL g}^{-1}$; $S_w \geq 2 \text{ mg L}^{-1}$

S_w = solubilidade em água; DT_{50} = tempo de meia-vida do pesticida no solo; K_{oc} = constante de adsorção à matéria orgânica do solo.

Fonte: Goss (1992).

Resultados e Discussão

Na Tabela 2 estão sumarizadas as informações dos 35 agrotóxicos identificados nas áreas estudadas.

Do número total de aplicações identificadas ao longo do ciclo da cultura, observou-se que nas áreas estudadas, 51,4% das aplicações referem-se a produtos da classe dos inseticidas, 29,7% são fungicidas e 18,9% herbicidas. Isso se deve ao fato de a cultura da cebola apresentar como praga principal o *Thrips tabaci* (Thysanoptera: Thripidae) e os fungicidas são utilizados para controlar as doenças de folhagem mais prejudiciais à cebolicultura, como o mal-de-sete-voltas (*Colletotrichum circinans*) e a mancha-de-alternária (*Alternaria alternata*) (Candeia et al., 2014). Diferentemente da cebolicultura, na viticultura, outra importante cultura da região, os fungicidas constituem a classe dos agrotóxicos mais empregados (Silva et al., 2017). Considerando-se a classe toxicológica, 62,9% dos agrotóxicos aplicados são classificados como extremamente tóxicos e altamente tóxicos (classes I e II), 34,3% é da classe mediantemente tóxico (classe III) e apenas 8,6% se enquadra na classe pouco tóxico (classe IV).

Segundo a classificação ambiental, 11,4% dos agrotóxicos aplicados na cebolicultura no Submédio do Vale do São Francisco são considerados altamente perigosos ao meio ambiente (classe I); 71,4% muito perigoso (classe II); 17,2% perigoso ao meio ambiente (classe III). Neste estudo, nenhum produto foi classificado como pouco perigoso ao meio ambiente (classe IV) (Ibama, 2014).

Esses resultados enfatizam a necessidade de um estudo detalhado sobre a utilização de agrotóxicos nas atividades agrícolas da região. A classificação toxicológica e ambiental dos princípios ativos estudados foram semelhantes àquelas encontradas no estado do Ceará (Gama et al., 2013) e Minas Gerais (Andrade et al., 2011), e nas cidades de Petrolina, PE e Juazeiro, BA (Ferracini et al., 2001).

Tabela 2. Grupo químico, estrutura química, toxicidade e periculosidade ambiental dos agrotóxicos utilizados no cultivo de cebola (*Allium cepa* L.) nos municípios baianos de Casa Nova e Sento Sé, localizados na região de entorno do Lago de Sobradinho.

Grupo químico	Princípio ativo	Estrutura química	Toxicidade *	Periculosidade Ambiental**
Classe: Inseticida				
Avermectinas	Abamectin	C48H72O14	I	III
Metilcarbamato de benzofuranila	Carbofurano	C12H15NO3	I	II
Organofosforado	Triazofós	C12H16N3O3PS	I	I
Organofosforado	Clorpirifós	C9H11Cl3NO3PS	I	II
Organofosforado	Profenofós	C11H15BrClO3PS	III	I
Carbamato	Metomil	C5H10N2O2S	I	II
Clorociclodieno	Endosulfan	C9H6Cl6O3S	I	I
Organofosforado	Acefato	C4H10NO3PS	III	III
Organofosforado	Dimetoato	C5H12NO3PS2	I	II
Organofosforado	Metamidofós	C2H8NO2PS	I	II
Benzoilureia	Tefluobenzuron	C14H6Cl2F4N2O2	IV	II
Neonicotinoide	Acetamiprido	C10H11ClN4	III	II
Neonicotinoide	Tiametoxam	C8H10ClN5O3S	III	III
Neonicotinoide e piretroide	Imidacloprido	C9H10ClN5O2	II	II
Piretroide	Beta ciflutrina	C22H18Cl2FNO3	II	II
Piretroide	Cipermetrina	C22H19Cl2NO3	III	I
Piretroide	Lambda cialotrina	C23H19ClF3NO3	III	II
Piretroide	Zetacipermetrina	C22H19Cl2NO3	II	II
Triazinamina	Ciromazina	C6H10N6	IV	III

Continua...

Continuação.

Grupo químico	Princípio ativo	Estrutura química	Toxicidade *	Periculosidade Ambiental**
Classe: Fungicida				
Inorgânicos	Oxicloreto de cobre	(ClCu2H3O3)2	III	II
Benzimidazol	Carbendazim	C9H9N3O2	II	III
Benzimidazol	Tiofanato-metílico	C12H14N4O4S2	I	II
Estrobilurina	Azoxistrobina	C19H24O5\ C19H22O5	IV	II
Éter tiadiazólico	Etridiazole	C5H5Cl3N2OS	I	II
Pirimidinilcarbinol	Fenarimol	C17H12Cl2N2O	III	II
Triazol	Tebuconazole	C16H22ClN3O	III	II
Triazóis	Difeconazole	C19H17Cl2N3O3	I	II
Ditiocarbamato	Mancozeb	(C4H6MnN2S4)X(Zn)Y	III	II
Piretróide	Deltametrina	C22H19Br2NO3	I	II
Classe: Herbicida				
Ácido ariloxialcanóico	Metalaxil	C15H21NO4	I	II
Benzonitrila	Ioxinil	C7H3I2NO	I	II
Benzotiadiazinona	Bentazona	C10H12N2O3S	I	III
Dinitroanilina	Pendimetalina	C13H19N3O4	III	II
Éter defenílico	Oxyfluorfen	C15H11ClF3NO4	I	II
Oxadiazolona	Oxadiazona	C15H18Cl2N2O3	II	III

* I: extremamente tóxico; II: altamente tóxico; III: medianamente tóxico; IV: pouco tóxico. **: altamente Perigoso; II: muito perigoso; III: perigoso; IV: pouco perigoso.

Fonte: Anvisa (2014).

As propriedades físico-químicas dos princípios ativos analisados estão identificadas na Tabela 3. A solubilidade em água (S_w) se refere à concentração máxima da molécula que pode ser solubilizada em água a uma determinada temperatura, portanto, quanto maior a solubilidade de um composto, maior a tendência deste ser transportado no solo por meio da água (Lavorenti et al., 2003). Dos 35 agrotóxicos utilizados na cultura, os que apresentaram maiores probabilidade de atingir os corpos hídricos superficiais e subterrâneos foram acefato, acetamiprido, azoxistrobina, bentazona, carbendazim, ciromazina, clorpirifós, dimetoato, fenarimol, imidacloprido, ioxinil, metalaxil, metamidofós, metomil, tebuconazole, tiametoxan e triazofós.

Em relação à constante de adsorção à matéria orgânica (K_{oc}), os produtos com valor de $K_{oc} < 50$ são considerados de alta mobilidade no solo, enquanto produtos com K_{oc} entre 150-500 são considerados moderadamente móveis e produtos com $K_{oc} > 2.000$ são classificados como de baixa mobilidade (Barceló; Hennion, 1997). Assim, os agrotóxicos que apresentam maior probabilidade de ficarem retidos no solo são abamectina, beta-ciflutrina, cipermetrina, clorpirifós, deltametrina, endosulfan, lambda cialotrina, oxadiazona, pendimentalina, profenofós e tefluobenzuron (Tabela 3), reduzindo a probabilidade de movimentação desses produtos no perfil do solo por lixiviação. No entanto, deve-se salientar que os solos da região têm baixos teores de matéria orgânica e de argila, o que proporcionam uma baixa capacidade de sorção desses solos, mesmo quando as substâncias têm K_{oc} mais elevado.

A Constante da Lei de Henry (K_H) pode ser definida como a razão entre a pressão parcial e a concentração na interface ar-água, quando em soluções diluídas (Rosa, 2010). Compostos com valor de $K_H < 10^{-5}$ apresentam baixa volatilidade (Milhome et al., 2009). Os compostos desse estudo que apresentaram umas das maiores volatilidades ($K_H > 10^{-5}$) foram clorpirifós, endosulfan, etridiazole, lambda cialotrina e pendimentalina, indicando baixa probabilidade de serem encontrados na água (Tabela 3).

A meia-vida no solo (DT_{50}) é um critério usado para determinar os efeitos ambientais relacionados à volatilização, potencial de lixiviação e características de degradação dos compostos químicos.

Tabela 3. Propriedades físico-químicas dos princípios ativos empregados em plantios de cebola (*Allium cepa* L.) nos municípios baianos de Casa Nova e Sento Sé, localizados no entorno do Lago de Sobradinho.

Princípio ativo	DT50solo (dias)	DT50 água (dias)	Koc (mL g ⁻¹)	KH (Pa m3mol ⁻¹)	Kow	Sw (mg L ⁻¹)	PV (mPa)	pKa	GUS
Abamectina	14	Estável	5.638	2,70 x10-3	NI	1,00x10-2	2,00x10-4	NA	0,4
Acefato	3	50	302	5,15x10-8	1,41x10-1	7,90x105	2,26x10-1	8,35	1,14
Acetamiprido	3	Estável	200	5,30 x10-8	6,31	2,95x103	1,73x10-4	0,70	0,4
Azoxistrobina	78	Estável	589	7,40 x10-9	3,16x102	6,7	1,10x10-7	NA	2,63
Bentazona	20	Estável	55,3	7,20 x 10-5	3,47x10-1	7,11x103	1,70x10-1	3,51	2,89
Beta-ciflutrina	13	215	64.300	8,10 x 10-3	7,94x105	1,20x10-3	5,6x10-5	NA	-1,17
Carbendazim	22	350	225	3,60 x10-3	3,02x101	8,00	9,00 x10-2	4,2	2,53
Carbofurano	29	37	86,5	5,00 x 10-5	6,31x101	3,22x102	8,0x10-2	NA	2,28
Cipermetrina	60	179	156.250	2.00x10-2	2,00x105	9,00 x10-3	2,30 x10-4	NA	-2,19
Ciromazina	93	Estável	409	5,80 x 10-9	1,17	1,30x104	4,48x10-4	5,22	2,1
Clorpirifós	50	25,5	8.151	4,78x10-1	5,01x104	1,05	1,43	NA	0,17
Deltametrina	13	Estável	10.240.000	3,10x10-2	3,48x104	2,00x10-4	1,24x10-5	NA	-4,26
Difenoconazole	130	Estável	3.760	9,0x10-7	2,29x104	1,50x101	3,3x10-5	1,07	0,9
Dimetoato	2,6	68	28,3	1,42x10-6	5,06	3,98x104	2,47x10-1	NA	1,06
Endosulfan	50	20	11.500	1,48	5,62x104	3,20x10-1	8,30x10-1	-	4,34
Etridiazole	20	98	1.000	3,02	2,34x103	8,89x10-1	1,43 x103	2,77	1,47
Fenarimol	250	Estável	734	7,0x10-4	4,90x103	1,37x101	6,50x10-2	-	3,23
Imidacloprido	191	Estável	225	1,7x10-10	3,72	6,10x102	4,00x10-7	NA	3,74

Continua...

Continuação.

Princípio ativo	DT50solo (dias)	DT50 água (dias)	Koc (mL g ⁻¹)	KH (Pa m3mol ⁻¹)	Kow	Sw (mg L ⁻¹)	PV (mPa)	pKa	GUS
Ioxinil	6	Estável	303	1,50x10 ⁻⁵	1,58x10 ²	3,03x10 ³	2,04x10 ⁻³	4,1	0,46
Lambda									
Cialotrina	175	Estável	283.707	2,00x10 ⁻²	3,16x10 ⁵	5,00x10 ⁻³	2,00x10 ⁻⁴	NA	-3,28
Mancozebe	0,1	1,3	998	5,90x10 ⁻⁴	2,14'x10 ¹	6,20	1,30x10 ⁻²	10,30	-1,0
Metalaxil	36	106	162	1,60x10 ⁻⁵	5,62x11	8,40 x10 ³	7,50 x10 ⁻¹	0	2,79
Metamidofós	3,5	5	1	1,60x10 ⁻⁶	1,62x10 ⁻¹	2,00 x10 ⁵	2,30	-	2,41
Metomil	7	Estável	72	2,13x10 ⁻⁶	1,23	5,50 x10 ⁴	7,2 x10 ⁻¹	NA	2,19
Oxadiazona	5020	31	3.200	3,80x10 ⁻²	2,14x10 ⁵	5,70x10 ⁻¹	6,70 x10 ⁻¹	NA	2,4
Oxyfluorfen	35	5,6	7566	2,38x10 ⁻²	7,24x10 ⁴	1,16 x10 ⁻¹	2,60 x10 ⁻²	NA	0,26
Pendimetalina	182	21	17.491	1,27	2,51x10 ⁵	3,30 x10 ⁻¹	3,34	2,8	-0,32
Profenofós	7	Estável	2016	1,65x10 ⁻³	5,01x10 ¹	2,80 x10 ¹	2,53	NA	0,6
Tebuconazole	63	Estável	769	1,00x10 ⁻⁵	5,01x10 ³	3,60 x10 ¹	1,30x10 ⁻³	5,0	2,85
Tefluobenzuron	92	Estável	26062	6,98x10 ⁻³	2,00x10 ⁴	1,00 x10 ⁻²	9,16x10 ⁻⁴	9,2	-0,8
Tiametoxan	50	Estável	56,2	4,7x10 ⁻¹⁰	7,41x10 ⁻¹	4,10 x10 ³	6,60x10 ⁻⁶	NA	4,69
Tiofanato-metílico	0,6	36	220	8,10x10 ⁻⁵	2,82x10 ¹	2,00x10 ¹	8,80x10 ⁻³	7,28	-0,3
Triazofós	44	140	358	4,9x10 ⁻³	3,55x10 ³	3,50 x10 ¹	1,33	-	2,4
Zetacipermetrina	49	25	121786	2,31x10 ⁻³	3,98x10 ⁶	3,90 x10 ⁻²	2,53x10 ⁻⁴	NA	-1,8

DT50: meia-vida; K_{oc}: coeficiente de adsorção à matéria orgânica; KH: constante de Henry; K_{ow}: coeficiente de partição octanol/água, pH = 7, 20° C; Sw: solubilidade em água a 20 °C; PV: pressão de vapor a 25 °C; pKa= constante de acidez; GUS: índice de vulnerabilidade da água subterrânea; NA: não aplicável (espécie não sofre ionização); - : não disponível nos bancos de dados.

Dos princípios ativos avaliados, sete apresentam DT_{50} acima de 100 dias (azoxistrobina, carbendazim, fenarimol, imidacloprido, lambda cialotrina, oxadiazona e pendimetalina) (Tabela 3), indicando forte tendência a persistir no solo, dependendo das demais características como pressão de vapor, constante de Henry, solubilidade em água, entre outras. Esses valores são utilizados para realizar a primeira etapa da análise do risco de contaminação de águas superficiais e subterrâneas, facilitando a previsão do comportamento de cada agrotóxico no meio ambiente.

Na Figura 1, observam-se os princípios ativos avaliados pelo método de GOSS. Um percentual de 11,4% dessas substâncias utilizadas na cultura da cebola nos locais estudados possui baixo potencial contaminante quando dissolvido em água, enquanto 51,4% possuem médio potencial e 34,3% possuem alto potencial contaminante. Quando associado ao sedimento, 28,6% possuem baixo potencial, 40% médio potencial e 28,6% possuem alto potencial contaminante. Dos 35 princípios ativos identificados 2,8% foram inconclusivos (I) quanto ao seu transporte em virtude da ausência de dados na literatura pesquisada (Andrei, 2013; Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2014; University of Hertfordshire, 2014).

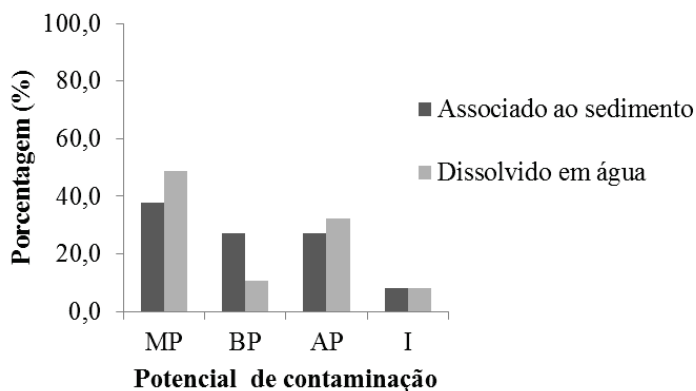


Figura 1. Resultado da avaliação do potencial de contaminação de águas superficiais em plantios de cebola (*Allium cepa* L.) nos municípios baianos de Casa Nova e Sento Sé, localizados no entorno do Lago de Sobradinho, pelo método de GOSS.

Trabalhos realizados nos estados da Paraíba (Vale et al., 2015), Sergipe (Britto et al., 2012) e Ceará (Milhome et al., 2009) empregando-se o modelo de GOSS, foi observada maior percentagem de princípios ativos com alto potencial contaminante associados à água do que associados aos sedimentos, seguindo o mesmo padrão dos princípios ativos analisados neste estudo.

Os princípios ativos que apresentaram alto potencial de contaminação associado ao sedimento foram: cipermetrina, clorpirifós, difecoconazole, endosulfan, lambda cialotrina, oxadiazona, pendimentalina, tebuconazole, tefluobenzuron e zetacipermetrina. Os princípios ativos que apresentaram alto potencial de contaminação quando dissolvidos em água foram: azoxistrobina, ciromazina, clorpirifós, fenarimol, imidacloprido, tebuconazole, tiametoxan e triazofós. Constatou-se que dois dos princípios ativos estudados neste trabalho, clorpirifós e tebuconazole, possuem alto potencial de contaminação de águas superficiais para as duas formas de transporte analisadas, associado ao sedimento e dissolvido em água. No entanto, o movimento desses compostos na superfície do solo depende também das características do solo e de seu manejo.

De modo geral, os solos das áreas estudadas não apresentam impedimentos para a motomecanização agrícola ou drenagem, nem apresentam impedimentos físicos para o uso agrícola. No entanto, Arcoverde et al. (2015), avaliando a qualidade física dos solos mais representativos de municípios do entorno do Lago de Sobradinho, incluindo Sento Sé e Casa Nova, observaram que, em geral, esta não foi considerada ideal. Os pesquisadores atribuíram o resultado às práticas de manejo adotadas e, sobretudo, aos baixos teores de matéria orgânica e à textura extremamente arenosa dos horizontes superficiais dos solos, sendo considerados como solos frágeis. Também apresentam baixa retenção de água e de cátions, sendo mais suscetíveis aos processos de perdas de agroquímicos, como fertilizantes e agrotóxicos, por percolação ou lixiviação. Assim, nas áreas de cultivo sobre esses tipos de solos há grande risco de contaminação de água pelos princípios ativos utilizados na cebolicultura, principalmente dos classificados como facilmente lixiviáveis. Associado a esse fato, no Submédio do Vale do São Francisco utiliza-se o sistema de irrigação por inundação, com a aplicação de grandes volumes de água, sendo, portanto, um sistema de baixa eficiência, que propicia a ocorrência dos processos de lixiviação e percolação. O uso de áreas de vazante com a baixa da cota de água do

lago pode aumentar ainda mais o risco de contaminação dos mananciais na região. Entre os solos que se enquadram nessas características estão os Neossolos Quartzarênicos e alguns Argissolos.

Os Cambissolos apresentam drenagem variando de moderada a deficiente, dependendo do teor de argila e da profundidade, refletindo em uma maior suscetibilidade à erosão e carreamento de partículas de solo com agrotóxicos aderidos até os mananciais. No Planossolo também ocorre limitação à drenagem, mesmo sendo muito arenoso na camada superficial, devido à cimentação presente no horizonte Bt (subsuperficial). Esses solos apresentam grande suscetibilidade à erosão, aumentando o risco de contaminação dos mananciais, principalmente pelos agrotóxicos que apresentam alta capacidade de ligação às partículas do solo, facilitando seu carreamento para os mananciais. Em geral, o teor de matéria orgânica é baixo nos solos da região. Assim, a implementação de sistemas de manejo do solo que visem seu acúmulo e manutenção em níveis adequados contribuirá para o aumento da CTC, bem como para melhoria de suas propriedades químicas e, consequentemente, da sua capacidade de sorção e retenção de água.

Na Tabela 4 são apresentados os resultados das avaliações do potencial contaminante das águas subterrâneas por meio do índice GUS. Os critérios desses modelos têm por base as propriedades físico-químicas referentes à meia-vida no solo e na água (DT_{50}) e o coeficiente de adsorção à matéria orgânica (K_{oc}). Os princípios ativos que possuem maior probabilidade de contaminar as águas subterrâneas são aqueles cuja presença nos compostos levam a índices $GUS > 2,8$ (Marques, 2005).

Pode-se verificar que dos 35 princípios ativos utilizados nos cultivos de cebola em estudo, cinco (14,3%) apresentaram elevado potencial de contaminação (Tabela 4).

Tabela 4. Potencial de contaminação de águas subterrânea, segundo o índice de GUS, em plantios de cebola (*Allium cepa* L.) nos municípios de Casa Nova e Sento Sé, Bahia, localizados na região de entorno do Lago de Sobradinho.

Índice GUS	Classificação	Princípio ativo
	L	etridiazole; fenarimol; imidaclopride; tiametoxan;
	FT	azoxistrobina; bentazona; carbendazim; ciromazina; metalaxil; metamidofós; metomil; tebuconazole; triazofós
	NL	abamectina; acefato; acetamiprido; carbofurano; cipermetrina; beta-ciflutrina; clorpirifós; deltametrina; difenoconazole; dimetoato; endosulfan; ioxinil; lambda cialotrina; mancozebe; oxadiazona; oxifluorfen; pendimetalina; profenofós; tefluobenzuron; tiofanato-metílico; zetacipermetrina

NL= Não lixiviável; FT= Faixa de transição; L= Lixiviável.

Tariq et al. (2004) avaliaram a contaminação das águas subterrâneas por agrotóxicos em quatro distritos de cultivo intensivo de algodão no Paquistão. Os resultados do índice GUS assemelharam-se com o deste estudo, cujo carbofurano apresentou-se como contaminante em potencial. A pesquisa indicou que a contaminação dos agrotóxicos nas áreas analisadas ocorreu devido à falta de informações sobre o uso seguro desses produtos.

Resultados semelhantes foram observados no Rio Grande do Sul (Caldas et al., 2011), nas culturas do arroz e do tabaco. Os pesquisadores observaram que os agrotóxicos com potencial de contaminação das águas subterrâneas, de acordo com o mesmo método de avaliação utilizados neste trabalho, foram o imidaclopride e o tiametoxan. Os pesquisadores também concluíram que beta-ciflutrina, mancozebe, tiofanato e oxifluorfen não mostraram qualquer tendência de lixiviação para esse método.

A região estudada está inserida no Semiárido baiano, sendo a falta de água uma das grandes problemáticas enfrentadas pela comunidade. Assim, faz-se necessário a elaboração de um programa de monitoramento dos recursos hídricos.

O diagnóstico do risco de contaminação dos agrotóxicos se apresenta como uma ferramenta auxiliar eficiente na tomada de decisão, reduzindo custos de execução e tempo para realizar um programa de monitoramento.

Na Tabela 5, apresenta-se uma seleção dos princípios ativos que devem ser prioritariamente contemplados no programa de monitoramento ambiental na região de entorno do Lago de Sobradinho com base nos estudos realizados com o emprego do índice GUS e do método de GOSS.

Tabela 5. Princípios ativos prioritários em estudos de monitoramento ambiental em plantios de cebola (*Allium cepa* L.) nos municípios de Casa Nova e Sento Sé, localizados na região de entorno do Lago de Sobradinho, no estado da Bahia.

Compartimento hídrico	Princípios ativos
Águas superficiais	azoxistrobina, ciromazina, clorpirifós, fenarimol, imidacloprido, tebuconazole, tiametoxan e triazofós
Águas subterrâneas	Azoxistrobina, bentazona, carbendazim, ciromazina, etridiazole, fenarimol, imidaclopride, metalaxil, metamidofós, metomil, tebuconazole, tiametoxan, triazofós
Sedimento	azoxistrobina, bentazona, carbendazim, ciromazina, metalaxil, metamidofós, metomil, tebuconazole, triazofós

Com o estudo realizado nos municípios de Casa Nova e Sento Sé constatou-se que 43% dos princípios ativos normalmente utilizados apresentam maior probabilidade de se encontrarem nos recursos hídricos subterrâneos, 27% nos recursos hídricos superficiais e 30% nos sedimentos.

Conclusões

Este estudo identificou o potencial contaminante dos agrotóxicos empregados nas áreas de cultivo da cebola de Casa Nova e Sento Sé, na Bahia, sendo um alerta aos agricultores da região. Além de direcionar programas de monitoramento, realizando análises daqueles agrotóxicos que apresentam maior risco de contaminação nas águas superficiais, subterrâneas e sedimentos.

Foi observado que os compostos empregados na cebolicultura dessa região apresentam potencial de contaminação para as águas superficiais, classificado como de médio a alto. No entanto, a maioria dos produtos empregados tem baixo potencial de lixiviação, podendo ficar retidos ao solo e reduzindo o risco de contaminação dos mananciais de águas subterrâneas. Ainda assim, não se pode desconsiderar o risco associado, já que grande parte dos solos da região são predominantemente de textura arenosa com baixos teores de argila, matéria orgânica e, consequentemente, baixa CTC. Esses fatores, associados ao manejo de água utilizado (irrigação por sulco) e à prática de utilização de áreas de vazante elevam a suscetibilidade dos recursos hídricos da região à contaminação com esses compostos.

Agradecimentos

À Embrapa Semiárido, à Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (Facepe), à Monsanto e à Companhia Hidrelétrica do Vale do São Francisco (Chesf), pelo financiamento da pesquisa.

Referências

- ANDRADE, A. S.; QUEIROZ, V. T.; LIMA, D. T.; DRUMOND, L. C. D. Análise de risco de contaminação de águas superficiais e subterrâneas por pesticidas em municípios do Alto Parnaíba-MG. **Química Nova**, v. 34, n. 7, p. 1129-1135, 2011.
- ANDREI, E. **Compêndio de defensivos agrícolas**: guia prático de produtos fitossanitários para uso agrícola. 9. ed. rev. e atual. São Paulo: Editora Andei LTDA, 2013.
- ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Toxicologia**. Brasília, DF, 2014. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/toxicologia/manual/axexo_03.htm>. Acesso em: 4 set. 2014.
- ARCOVERDE, S. N. S.; SALVIANO, A. M.; OLSZEWSKI, N.; MELO, S. B. de; CUNHA, T. J. F.; GIONGO, V.; PEREIRA, J. de S. Qualidade física de solos em uso agrícola na região semiárida do Estado da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 5, p. 1473-1482, 2015.
- BARCELÓ, D.; HENNION, M.C. **Trace determination of pesticides and their degradation products in water, techniques and instrumentation in analytical chemistry**. New York: Elsevier, 1997. 556 p. v. 19

- BRITTO, F. B.; VASCO, A. N.; PEREIRA, A. P. S.; V.; JÚNIOR, A. V. M.; NOGUEIRA, L. C. Herbicidas no alto Rio Poxim, Sergipe e os riscos de contaminação dos recursos hídricos. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 2, p. 390-398, 2012.
- CABRERA, L.; COSTA, F. P.; PRIMEL, E. G. Estimativa de risco de contaminação das águas por pesticidas na região sul do estado do RS. **Química Nova**, v. 31, n. 8, p. 1982-1986, 2008.
- CALDAS, S. S.; ZANELLA, R.; PRIMEL, E. E. Risk estimate of water contamination and occurrence of pesticides in the South of Brazil. **Herbicides and Environment**, v. 23, p. 471-492, 2011.
- CANDEIA, J. A.; SILVA, M. C. L. da; MENEZES, J. T. de. **Cultura da cebola**. Recife: IPA, 2014. Disponível em: <<http://www.ipa.br/resp25.php>>. Acesso em: 8 nov. 2018.
- COHEN, S. Z.; WAUCHOPE, R. D.; KLEIN, A. W.; EADSFORTH, C. V.; GRANEY, R. Offsite transport of pesticides in water: mathematical models of pesticide leaching and runoff. **Pure & Applied Chemistry**, v. 67, n. 12, p. 2109-2148, 1995.
- COLETTI, C. **Impactos do uso da irrigação por sulcos na cultura do tomateiro sobre a disponibilidade hídrica da bacia hidrográfica do Rio das Pedras, Mogi Guaçu - SP**. 2005. 164 f. Tese (Doutorado em Água e Solo) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- CUNHA, T. J. F.; PETRERE, V. G.; SILVA, D. J.; MENDES, A. M. S.; MELO, R. F.; OLIVEIRA NETO, M. B.; SILVA, M. S. L.; ALVAREZ, I. A. Principais solos do semiárido tropical brasileiro: caracterização, potencialidades, limitações, fertilidade e manejo. In: SÁ, I. B.; SILVA, P. C. G. (Ed.). **Semiárido brasileiro: pesquisa, desenvolvimento e inovação**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010. cap. 2, p. 50-87.
- CUNHA, T. J. F.; SILVA, F. H. B. B. da; SILVA, M. S. L. da; GIONGO, V.; SÁ, I. B.; OLIVEIRA NETO, M. B. de; CAVALCANTI, A. C. **Solos do Submédio do Vale do São Francisco: potencialidades e limitações para uso agrícola**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2008. (Embrapa Semiárido. Documentos, 211). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPATSA-2009-09/40027/1/SDC211.pdf>>. Acesso em: 4 maio 2019.
- FERRACINI, V. L.; PESSOA, M. C. Y. P.; SILVA, A. S.; SPADOTTO, C. A. Análise de risco de contaminação das águas subterrâneas e superficiais da região de Petrolina (PE) e Juazeiro (BA). **Revista Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, v. 11, p. 1-16, jan./dez. 2001.
- GAMA, A. F.; OLIVEIRA, A. H. B.; CAVALCANTE, R. M. Inventário de pesticidas e risco de contaminação química dos recursos hídricos no Semiárido cearense. **Química Nova**, v. 36, n. 3, p. 462-467, 2013.
- GOSS, D. W. Screening procedure for soils and pesticides for potential water quality impacts. **Weed Technology**, v. 6, n. 3, p. 701-708, 1992.
- GUSTAFSON, D. I. Groundwater ubiquity score a simple method for assessing pesticide leachability. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 8, p. 339-357, 1989.
- IBAMA. Portaria normativa do Ibama n. 84 de 15 de out. 1996. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 23 out. 1996. Disponível em: <https://servicos.ibama.gov.br/ctf/manual/html/Portaria_84.pdf>. Acesso em: 5 set. 2014.
- IBGE. **Sistema IBGE de recuperação automática: SIDRA**. Brasília, DF, 2015. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1612#resultado>> Acesso em: 28 set. 2019.
- JACOMINE, P. K. T.; CAVALCANTI, A. C.; RIBEIRO, M. R.; MONTENEGRO, J. O.; BURGOS, N.; MELO FILHO, H. F. R. de; FORMIGA, R. A. **Levantamento exploratório: reconhecimento de solos da margem esquerda do rio São Francisco, Estado da Bahia**. Recife: SUDENE-DRN, 1976. v.1 404 p.

LAVORENTI, A.; PRATA, F.; REGITANO, J. B. Comportamento de pesticidas em solos: fundamentos. In: CURI, N.; MARQUES, J. J.; GUILHERME, L. R. G.; LIMA, J. M. da; LOPES, A. S.; ALVAREZ, V. H. (Ed.). **Tópicos especiais em Ciência do Solo**. Viçosa, MG: SBCS, 2003. p. 335-400.

LOURENCETTI, C.; SPADOTTO, C. A.; SILVA, M. S.; RIBEIRO, M. L. Avaliação do potencial de contaminação por pesticidas: comparação entre métodos de previsão de lixiviação. **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, v. 15, p. 1-14, 2005.

MARQUES, M. N. **Avaliação do impacto de agrotóxicos em áreas de proteção ambiental, pertencentes à bacia hidrográfica do Rio Ribeira de Iguape, São Paulo. Uma Contribuição à Análise Crítica da Legislação sobre Padrão de Potabilidade**. 2005. 78 f. Tese (Doutorado em Tecnologia Nuclear - Materiais) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Universidade de São Paulo, São Paulo.

MILHOME, M. A. L.; SOUSA, D. O. B.; LIMA, F. A. F.; NASCIMENTO, R. F. Avaliação do potencial de contaminação de águas superficiais e subterrâneas por pesticidas aplicados na agricultura do Baixo Jaguaribe, CE. **Engenharia Sanitária Ambiental**, v. 14, n. 3, p. 363-372, 2009.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Agrofit**. Brasília, DF, 2014. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 15 jun. 2018.

PAPA, E.; CASTIGLIONI S.; GRAMATICA P.; NIKOLAYENKO V.; KAYUMOV O.; CALAMARI D. Screening the leaching tendency of pesticides applied in the Amu Darya Basin (Uzbekistan). **Water Research**, v. 38, n.16, p. 3485-94, 2004.

PRIMEL, E. G.; ZANELLA, R.; KURZ, M. H. S.; GONÇALVES, F. F.; MACHADO, S. O.; MARCHEZAN, E. Poluição das águas por herbicidas utilizados no cultivo do arroz irrigado na região central do estado do Rio Grande do Sul, Brasil: predição teórica e monitoramento. **Química Nova**, v. 28, n.4, p.605-609, 2005.

ROSA, A. C. P. **Avaliação dos teores de resíduos do pesticida ditiocarbamato no solo de uma cultura de couve (*Brassica oleracea* L.) utilizando cloridrato de L-cisteína para preservação das amostras**. 2010. 90 f. Dissertação (Mestrado em Química) – Instituto de Química, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

SANCHES, S. M.; SILVA, C. H. T. P.; CAMPOS, S. X.; VIEIRA, E. M. Pesticidas e seus respectivos riscos associados à contaminação da água. **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, v. 13, p. 53-58, 2003.

SILVA, P. T. S.; SILVA, G. S. e; AMORIM JÚNIOR, A. C.; ALBUQUERQUE JÚNIOR, E.; CUNHA, T. J. F.; MOURA, M. S. B. de. **Contaminação potencial dos corpos hídricos por agrotóxicos em áreas de produção de uva**. Petrolina, PE: Embrapa Semiárido, 2017. (Embrapa Semiárido. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 133). Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1088285>>. Acesso em: 4 maio 2019.

SPADOTTO, C. A.; FILIZOLA, H.; GOMES, M. A. Avaliação do potencial de lixiviação de pesticidas em Latossolo da região de Guaíra, SP. **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, v. 11, p. 127-136, 2001.

TARIQ, M. I.; AFZAL, S.; HUSSAIN, I. Pesticides in shallow groundwater of Bahawalnagar, Muzafargarh, D.G. Khan and Rajan Pur districts of Punjab, Pakistan. **Environment International**, v. 30, n. 4, p. 471-479, 2004.

UNIVERSITY OF HERTFORDSHIRE. **PPDB**: pesticides properties database. 2014. Disponível em: <<http://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/>>. Acesso em: 14 set. 2014.

VALE, R. L.; SILVA, S. S.; ANDRADE, E. M. G.; OLIVEIRA, J. P. M.; MARACAJÁ, P. B. Diagnóstico do potencial de contaminação de águas subterrâneas por agrotóxicos aplicados na agricultura do entorno do reservatório São Gonçalo-PB. **Revista Verde**, v. 10, n. 2, p. 66-73, 2015.



Semiárido

MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



PÁTRIA AMADA
BRASIL
GOVERNO FEDERAL

CGPE 15516